

Estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de Irlanda y su impacto en el medioambiente*

Enrique Meseth Macchiavello

Universidad de Lima. Lima, Perú

Correo electrónico: enriquem3@hotmail.com

Recibido 23/4/2013 / Aprobado: 28/5/2013

RESUMEN: La planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Tusk (Irlanda) incluye tratamientos preliminar, secundario y terciario de los influentes y es monitoreado por un sistema automatizado. Asimismo, cuenta con un reactor discontinuo secuencial, clave para el tratamiento, del cual se obtiene un efluente final y concentración de sustancias aceptables dentro de los parámetros legislados por la Unión Europea. Por estos motivos se sugiere incluir este eficiente sistema en el diseño de futuras plantas de tratamiento en el Perú.

Palabras clave: Medioambiente / impacto ambiental / descarga de aguas residuales

A practical study of an Irish wastewater treatment plant and its impact on the environment

ABSTRACT: The wastewater treatment plant of Tusk Village (Ireland) includes preliminary, secondary and tertiary treatment and it is monitored by Scada system. The plant counts with a sequential batch reactor, being a key element for the plant operation and compliance with EU wastewater standards. Therefore, this efficient treatment system is suggested to be considered when implementing future treatment plants in Peru.

Keywords: Environment / environmental impact / wastewater discharge

* El autor agradece el apoyo del personal de la Municipalidad de Roscommon, en Irlanda, durante el periodo de estudio, en el 2009, especialmente a Ted Cunningham y Adrian Farrell, ingeniero ejecutivo e ingeniero asistente, respectivamente, de la Sección de Servicios de Agua y Saneamiento de la municipalidad en mención.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la protección del medioambiente es una de las actividades más importantes de la Unión Europea, que proporciona directivas a sus países miembros para el cuidado de las aguas, los hábitats naturales y sus especies, así como para el tratamiento de las aguas residuales.

Por este motivo, la Agencia de Protección Medioambiental de Irlanda (Environmental Protection Agency, EPA) requirió a los gobiernos locales en el año 2009 que apliquen las licencias de descarga para sus plantas de tratamiento de aguas residuales, incluyendo un informe del funcionamiento de sus plantas y que sus efluentes no impacten de manera negativa en el medioambiente vecino.

El autor realizó informes de los impactos en el medioambiente de siete plantas de tratamiento de aguas residuales de la Municipalidad del Condado de Roscommon (Roscommon County Council) durante el periodo de julio a diciembre del 2009. La planta de tratamiento de la localidad de Tulsk y su aglomeración urbana estuvieron incluidas en estos informes.

El estudio de la planta de tratamiento de Tulsk y su medioambiente brinda información detallada de los procesos y funcionamiento de la planta, el punto de descarga de las aguas residuales al río, los monitoreos y resultados cuantitativos de las sustancias vertidas, el impacto de las descargas en el medioambiente, las áreas naturales de conservación cercanas a la planta y las conclusiones sobre los impactos generados por la planta.

Se sugiere, para las futuras plantas de tratamiento en el Perú, la aplicación de la tecnología automatizada en los procesos de tratamiento de la planta, con su efecto positivo en la mitigación del impacto de sus aguas residuales sobre el medioambiente.

2. UBICACIÓN DE LA AGLOMERACIÓN URBANA Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La localidad de Tusk se ubica al oeste de la República de Irlanda. Su planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con coordenadas geográficas 53°46'45" N, 8°14'54" E, sirve a una aglomeración urbana que incluye a esta localidad y sus alrededores. La planta descarga sus aguas residuales tratadas al afluente del río Ogulla. La localidad cuenta con una red de aguas residuales separada de la red de agua de lluvias.

En la figura 1 se aprecia la planta de tratamiento al norte de la aglomeración de la localidad de Tusk, los límites de la PTAR y el punto de descarga de las aguas tratadas (SW1). La red de alcantarillado es paralela a la carretera que recorre horizontalmente la aglomeración. La pendiente del terreno decrece en dirección oeste, por tanto las aguas residuales que provienen del este fluyen por gravedad hacia la PTAR. Por otro lado, existe una estación de bombeo al oeste de la planta, para bombear las aguas residuales de esa sección cuesta arriba hacia la PTAR.

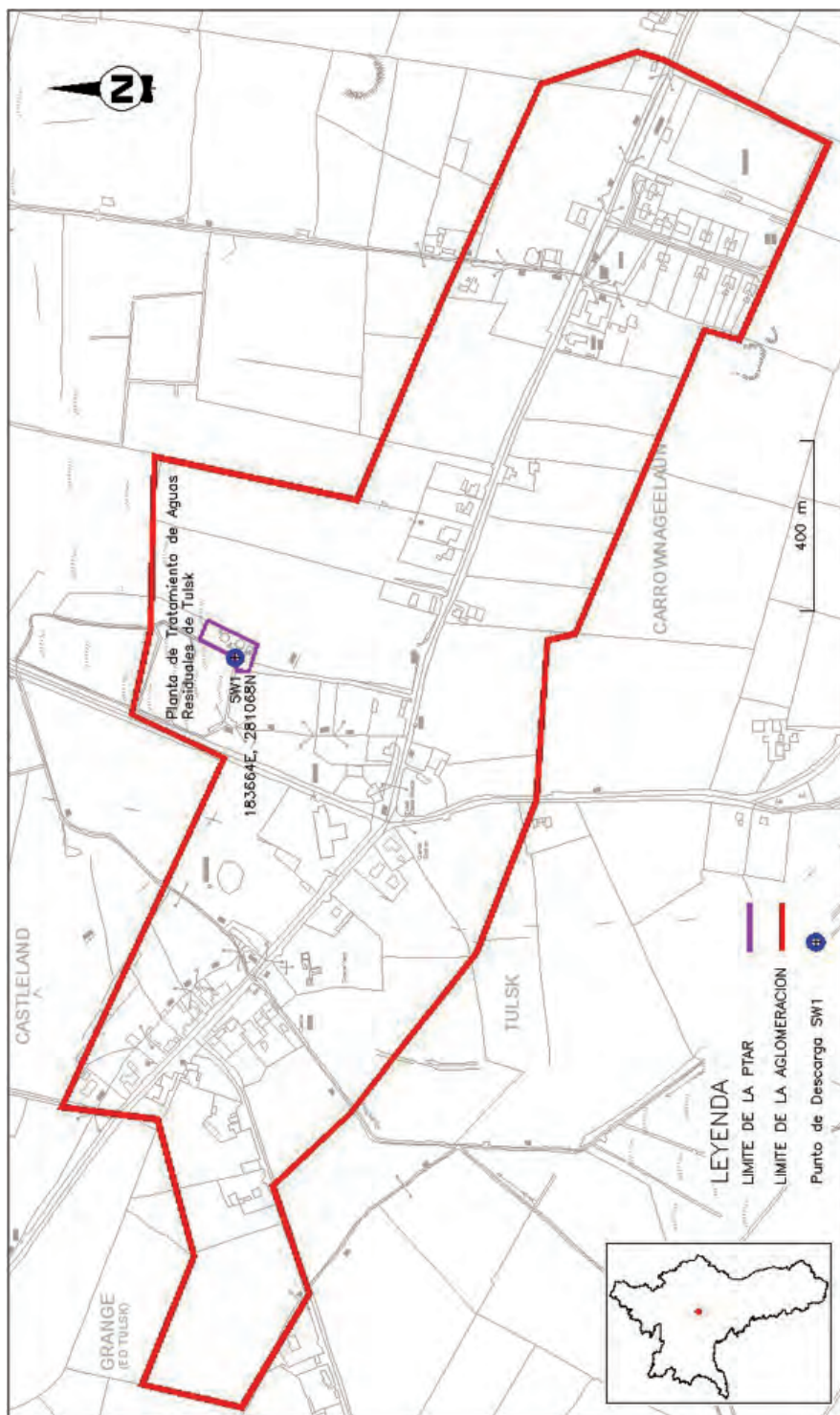
3. DISEÑO Y OPERACIÓN DE LA PLANTA

La planta está diseñada para servir a 820 habitantes equivalentes (personas). La carga orgánica biodegradable de un habitante equivalente se corresponde con un caudal de 250 l/día y una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO_5) de 60 g de oxígeno por día, de acuerdo con la Directiva 91/271 (1991) de la Unión Europea. Por tanto, esta planta debe tener capacidad para una carga hidráulica de caudal en temporada de sequía (flujo bajo) de 205 m³/día, equivalente a 49.2 kg de oxígeno al día, de acuerdo con las siguientes fórmulas.

$$Q(m^3 / día) = \frac{HE(personas) \times (250l / persona / día)}{1000(l / m^3)} = \frac{820 \times 250}{1000} = 205 m^3 / día$$

$$DBO(kg / día) = \frac{HE(personas) \times (60g / persona / día)}{1000(g / kg)} = \frac{820 \times 60}{1000} = 49.2 kg / día$$

Figura 1
Aglomeración urbana, planta de tratamiento de aguas residuales y punto de descarga.
 El mapa que se observa en la parte inferior izquierda muestra la ubicación de la aglomeración en Irlanda



Fuente: Municipalidad de Roscommon (2009).
 Elaboración propia.

Donde:

Q: Flujo ($\text{m}^3/\text{día}$)

HE: Habitante equivalente (personas)

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno ($\text{kg}/\text{día}$).

La PTAR de la localidad de Tulsk incluye los tratamientos preliminar, secundario y terciario con eliminación de fosfatos, los cuales se describen en los siguientes incisos. En la figura 2 se aprecia una vista general de la planta y casas de la aglomeración.

Figura 2
Vista general de la planta de tratamiento de Tulsk



Foto: Adrian Farrell.

3.1 Tratamiento preliminar y monitoreo de flujo

El flujo de las aguas residuales ingresa a la entrada de la planta para el tratamiento preliminar. Las aguas residuales son filtradas mediante una rejilla de barras espaciadas de 20 mm. Todos los objetos grandes, tales como sólidos flotantes, papel, plástico, etcétera, son retenidos. Los sólidos removidos, conocidos como «escaneos», son retirados de la rejilla, lavados y compactados; luego son depositados en un contenedor y retirados fuera de la planta.

Después del escaneo el influente circula a la cámara de entrada, que cuenta con dos bombas (una en servicio y otra en espera), diseñada-

da para almacenar hasta 3 veces el caudal en temporada de sequía. En esta cámara se toman muestras del influente con un ‘muestreador’ compuesto automático. La figura 3 presenta la cámara de entrada que comprende rejillas filtrantes y sumidero, y el tanque de estabilización, descrito en el siguiente tratamiento.

Figura 3
Cámara de entrada subterránea (al frente) y tanque de estabilización (atrás)



Foto: Adrian Farrell.

Las mediciones de flujo se llevan a cabo en la tubería ascendente, que conecta la cámara de entrada con el reactor discontinuo secuencial (RDS) a través de un medidor de flujo electromagnético y el efluente es registrado y monitoreado por el sistema Scada (supervisión, control y adquisición de datos).

3.2 Tratamiento secundario: aireación, sedimentación y estabilización

Después el flujo de la cámara de la bomba de entrada es bombeado directamente al reactor discontinuo secuencial (RDS) de aireación prolongada.

El proceso consiste en la oxidación de las aguas residuales durante 20 horas al día por medio de organismos naturales microscópicos, con la ayuda de sopladores de aire que suministran oxígeno. El objetivo

del proceso de aireación es oxidar los microorganismos de las aguas residuales crudas para reducir la demanda bioquímica de oxígeno. Los microorganismos o «lodos» que son mezclados con las aguas residuales crudas absorben el oxígeno del aire y toman los nutrientes de estas aguas y, siempre que la concentración de los lodos se mantenga en un nivel controlado, van a descomponer los residuos orgánicos del influente. Este proceso es conocido como fase de 'reacción'. El lodo activado consiste en la producción de una masa activa de microorganismos capaz de estabilizar aeróbicamente los residuos en el RDS.

Los sopladores de aire están controlados por un bucle de retroalimentación desde un sensor de oxígeno disuelto en el reactor para garantizar que el nivel de oxígeno disuelto (OD) se mantenga entre 2 y 3 mg/l. Si el OD es inferior a 2 mg/l los sopladores de aire comenzarán a suministrar aire. Una vez que el nivel de OD alcance 3 mg/l los sopladores se apagarán y un mezclador del reactor se activará para que los sólidos en suspensión en el licor de mezcla (SSLM) continúen en suspensión. Estos períodos, conocidos como nitrificación y desnitrificación, son operados durante la fase de «llenado y reacción». Esta fase dura 20 horas y se realiza diariamente; después el RDS pasa a la fase de sedimentación.

Figura 4

Tanque RDS, filtro de arena, tanque de retrolavado, contenedores de sulfato férrico y caseta de control con sistema Scada



Foto: Adrian Farrell.

El coagulante sulfato férrico (figura 4) es añadido al proceso de aireación por medio de bombas dosificadoras que operan por turnos (una en servicio y otra en espera) a fin de reducir el contenido de fósforo (P) y cumplir con la Directiva 91/271/CEE (1991) de aguas residuales urbanas, para que el efluente final no exceda 2 mg/l. El fósforo es una sustancia nutritiva que produce eutrofización —crecimiento acelerado de algas— en aguas estancadas o en movimiento lento.

La fase de sedimentación permite la separación del SSLM del agua tratada (sobrenadante) antes de su depuración. Una vez que esta etapa comienza, el aire y el mezclador se encuentran apagados y el SSLM empieza a flocular formando grandes grupos de bacterias que caen al fondo del tanque por gravedad. El tiempo de sedimentación es de una hora al día aproximadamente y durante este periodo la biomasa se asienta en la base del tanque.

La planta está diseñada para servir a 820 habitantes equivalentes a 60 gramos de DBO/persona/día, basada en un valor promedio de 250 mg/litro (Sawyer et al., 2003) para aireación extendida. El tanque RDS tiene un diámetro de 10.2 m y una profundidad de funcionamiento de 5.0 m, obteniéndose una capacidad total de 411 m³. A continuación se estima el volumen requerido para un tanque de aireación convencional, considerando el flujo de diseño de 205 m³/día, caudal de DBO de 250 mg/l.

$$F / M \left(\frac{\text{kg DBO}}{\text{kg SSLM}} / d \right) = \frac{Q(\text{m}^3 / d) \times \text{DBO}(\text{mg} / l)}{\text{SSLM}(\text{mg} / l) \times \text{Vol. Tanque}(\text{m}^3)}$$

$$0.1 \left(\frac{\text{kg DBO}}{\text{kg SSLM}} / d \right) = \frac{205(\text{m}^3 / d) \times 250(\text{mg} / l)}{2750(\text{mg} / l) \times \text{Vol. Tanque}(\text{m}^3)}$$

$$\text{Volumen tanque de aireación} = 186 \text{ m}^3$$

$$\text{Concentración SSLM} = \frac{\text{DBO}}{F / M} = \frac{49.2 \left(\frac{\text{kg DBO}}{\text{Dia}} \right)}{0.1 \left(\frac{\text{kg DBO}}{\text{kg SSLM}} \right) \left(\frac{\text{kg DBO}}{\text{Dia}} \right)} = 492 \text{ kg SSLM}$$

Donde:

F/M: Relación alimento-microorganismo (carga másica), del inglés food/microorganism ratio.

Rango de 0.05 – 0.15 kg DBO / kg SSLM / día para aireación extendida (Hammer, 1986)

SSLM: Concentración de sólidos suspendidos en el licor de mezcla

Los resultados indican que una planta de tratamiento de aguas residuales estándar requiere un tanque de aireación de 186 m³ de capacidad para una población de 820 HE; sin embargo, la planta de tratamiento de Tulsik posee un tanque RDS de mayor volumen (411 m³). Esto se debe a que en una planta estándar se utilizan dos tanques separados para aireación y sedimentación. El RDS realiza ambas funciones en un solo tanque, por tanto requiere de un mayor tamaño para el proceso.

Al final de la fase de sedimentación, el sistema de decantación se activará automáticamente con el controlador de tiempo y de nivel. Inicialmente una válvula de desvío se abre para que cualquier lodo que pudo haber entrado al decantador sea descargado al drenaje. La fase de decantación y retiro de lodo es de 2 horas al día, activado por el temporizador del sistema Scada, en caso de sobrepasar el nivel predefinido, el operador de planta lo regulará manualmente. Luego la válvula principal de decantación se abre para que el agua sedimentada sea trasladada por gravedad al tanque de estabilización y almacenaje. El nivel de agua en el tanque RDS es monitoreado y cuando alcanza el nivel inferior de agua programado, la válvula de decantación se cierra y el siguiente programa retorna a la fase de «llenado y reacción».

Finalizado el proceso en el tanque RDS, las aguas se trasladan al tanque de estabilización (figura 3), para fines de almacenaje y sedimentación secundaria. El diámetro del tanque de estabilización es de 10.2 m de diámetro, con un área de superficie de 81.7 m² y diseñado para una sedimentación de 6 veces el caudal promedio (205 m³/día) en temporada de sequía. Con estos valores se obtiene una superficie de desbordamiento de 15 m/día y una velocidad media de flujo ascendente de 0.625 m³/m²/hora, el cual se encuentra dentro del rango requerido (entre 0.6 y 1.3 m³/m²/hora), como se observa en los cálculos que siguen:

$$\text{Área del tanque de estabilización (m}^2\text{)} = \frac{6 \times Q(\text{m}^3 / \text{d})}{\text{Superficie de desbordamiento (m} / \text{d)}}$$

$$\frac{10.2^2 \times \pi}{4} (m^2) = \frac{1230(m^3 / d)}{\text{Superficie de desbordamiento}(m / d)}$$

$$\text{Superficie de desbordamiento} = 15m / d$$

$$\text{Velocidad media de flujo ascendente} = 15 \frac{m}{d} \times \frac{1d}{24h} = 0.625m^3 / m^2 / h$$

El tanque de estabilización mide 2.8 metros de altura, obteniéndose un tiempo de retención de 4.5 horas, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de retención del tanque de estabilización} = \frac{Vol}{6 \times Q} = \frac{81.7m^2 \times 2.8m}{6 \times 205 \frac{m^3}{d} \times \frac{1d}{24h}} = 4.5h$$

Todas las fases del tratamiento secundario son monitoreadas y supervisadas por el sistema Scada en la caseta de control.

3.3 Tratamiento terciario: filtro de arena

El agua sedimentada del tanque de estabilización es bombeada a través de un filtro de arena a velocidad constante para la fase de tratamiento terciario. El filtro de arena consta de un lecho profundo de arena filtrante única y homogénea. El propósito de proporcionar un filtro es para eliminar cualquier partícula sólida que se adhiera al lecho. Muestras del efluente son recolectados a la salida del filtro de arena con un ‘muestreador’ compuesto automático.

Durante el proceso, el filtro se ensucia porque las partículas sólidas se aferran al lecho del filtro. El filtro se limpia cada 24 horas mediante un soplador de aire de retrolavado y agua bombeada desde el tanque de retrolavado. Esta agua es bombeada desde el fondo del filtro hacia la parte superior. Finalmente, el agua de retrolavado gravita hacia la cámara de entrada. El filtro de arena y el tanque de retrolavado se muestran en la figura 4 y sus procesos son programados en el sistema Scada para su supervisión y control.

3.4 Tratamiento del lodo

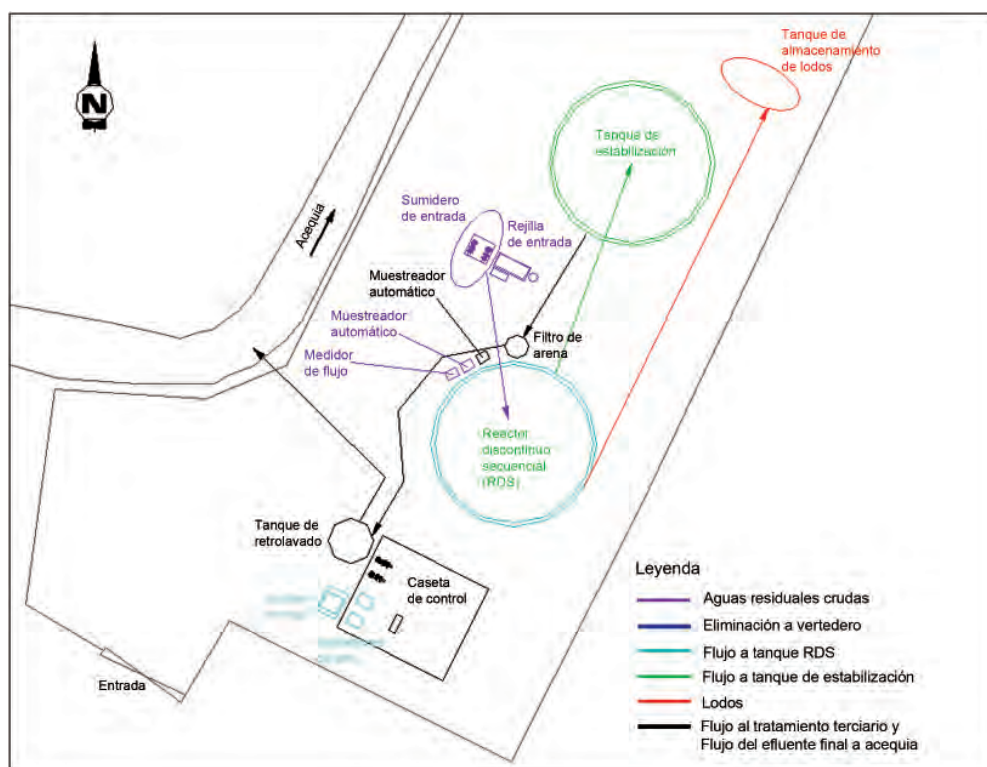
Los residuos del lodo son bombeados desde el tanque RDS al tanque de almacenamiento de lodos. Este proceso es establecido en el controlador lógico programable (PLC) y puede ser modificado para mantener la bio-

masa necesaria en el reactor. El retiro del lodo se lleva a cabo durante el ciclo de decantación, donde un proveedor de servicios autorizado los extrae del tanque de almacenamiento de lodo. Este es de concreto prefabricado en forma de elipse (eje mayor = 5.4 m; eje menor = 2.8 m) con una profundidad de líquido de 3 m y un volumen total de 36 m³. A continuación se muestra la fórmula de volumen del tanque:

$$\text{Volumen tanque de lodos} = \frac{d_1 \cdot d_2 \cdot \pi}{4} * h = \frac{5.4m * 2.8m * \pi}{4} * 3m = 36m^3$$

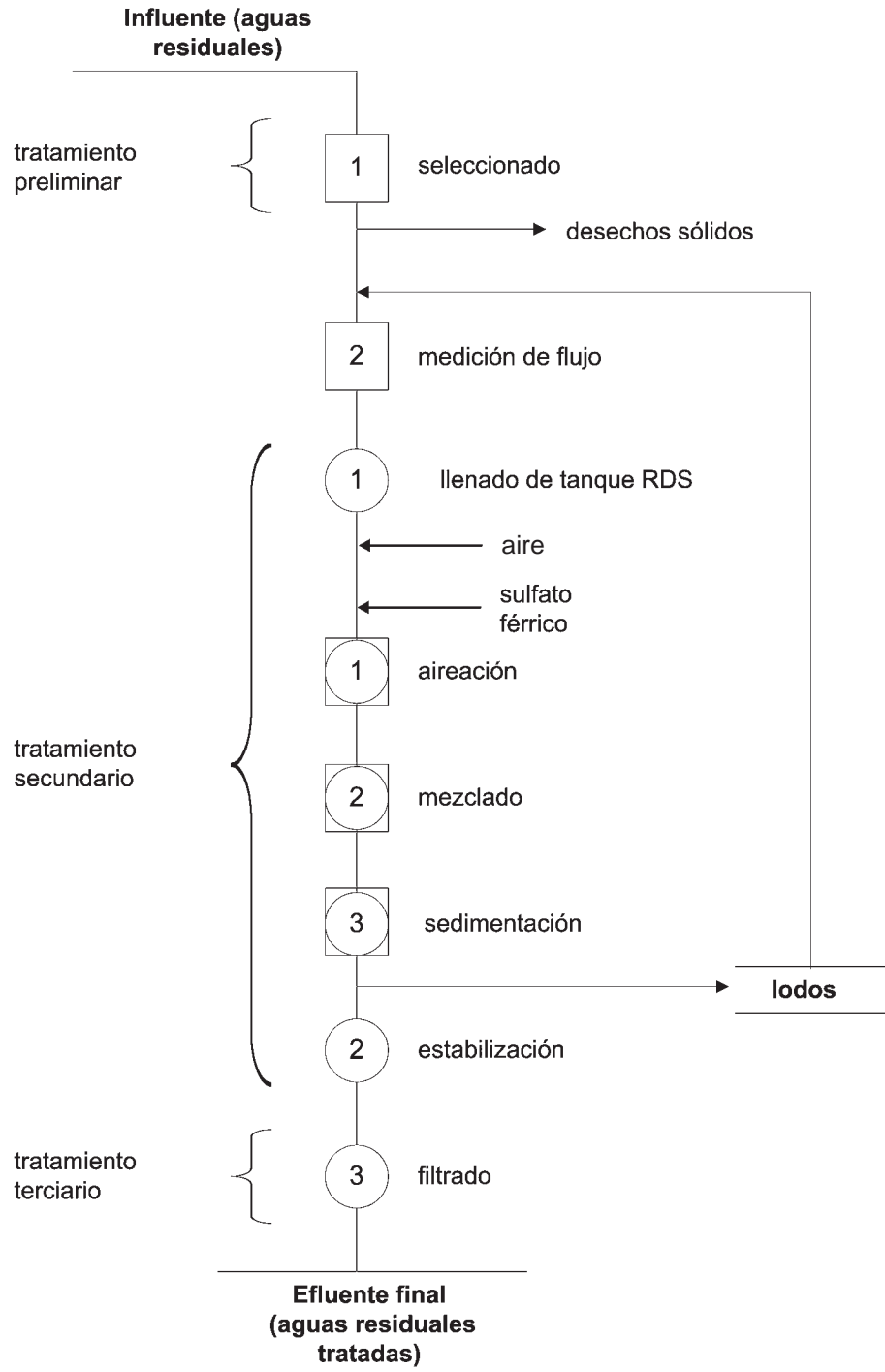
La descripción detallada del plano de procesos de la PTAR y el diagrama de operaciones y procesos (DOP) se encuentran en la figura 5 y el diagrama 1, respectivamente.

Figura 5
Plano de procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tulsik



Elaboración propia.

Diagrama 1
DOP del tratamiento de aguas residuales de la planta de Tusk

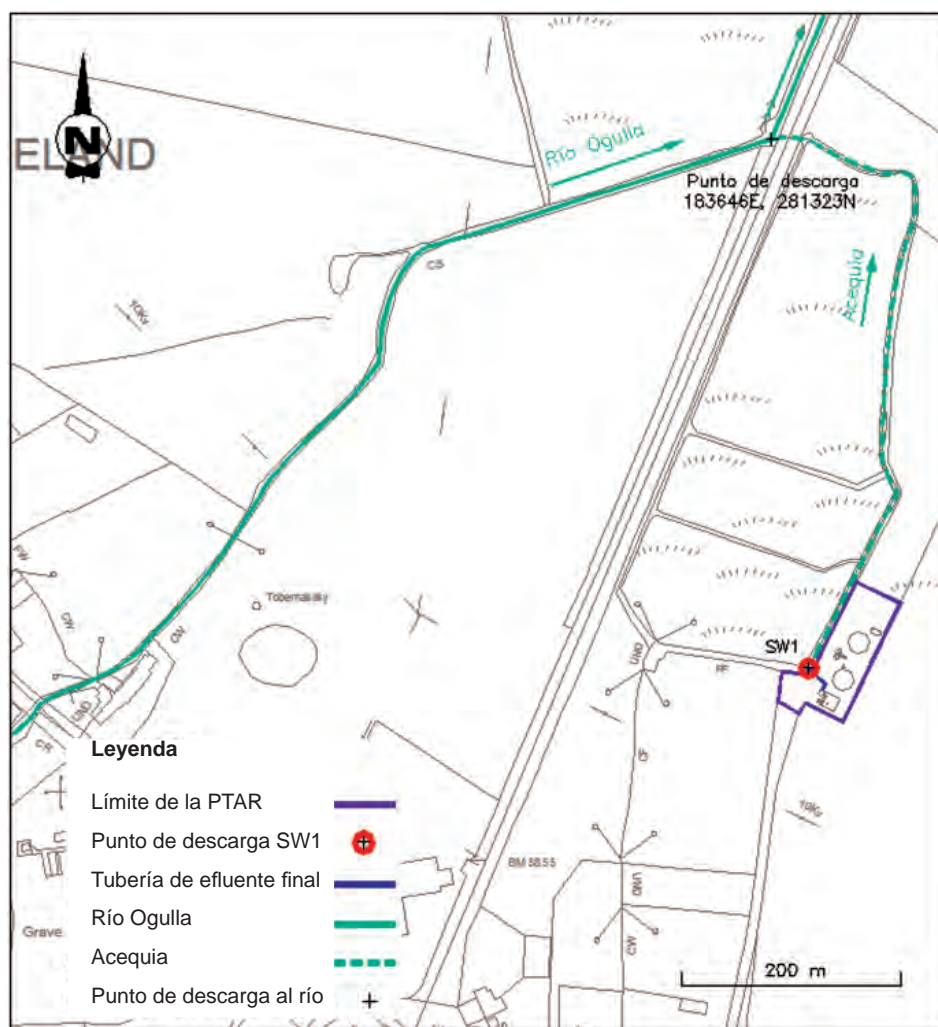


Elaboración propia.

4. DESCARGA DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS

Finalizado el tratamiento, el efluente final de la planta es descargado a una acequia contigua al oeste de la planta, la cual es afluente del río Ogulla. Una tubería de desagüe de 225 mm de diámetro canaliza el efluente final por gravedad desde el filtro de arena de la planta hasta el punto de descarga en la acequia (figura 6).

Figura 6
Mapa de los puntos de descarga de la PTAR a la acequia y al río Ogulla



Fuente: Municipalidad de Roscommon (2007).
Elaboración propia.

5. POBLACIÓN Y CAPACIDAD DE DISEÑO

Con el propósito de estimar la relación de la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tusk y compararla con la población de la localidad a la cual sirve, se realizó un estudio para estimar la población de Tusk y la carga orgánica biodegradable que emite. Esta carga fue agrupada en los siguientes sectores: residencial, institucional y comercial, que sumaron un total de carga biodegradable equivalente a 444 personas (habitantes equivalentes) en el año 2009.

El estudio de impacto ambiental en la localidad de Tusk se realizó considerando el incremento poblacional a 20 años para estimar si la planta de tratamiento tendrá suficiente capacidad para tratar las aguas residuales de la población en el año 2029, para cumplir con las directivas de la Agencia de Protección del Medioambiente (EPA) de Irlanda.

El ratio de crecimiento de esta población es bajo, ya que esta localidad no está cerca de centros de trabajo o fábricas, no existen supermercados (solo pequeñas tiendas) ni centros de esparcimiento (cines) y cuenta solo con dos restaurantes. Por tanto, esta localidad no tiene el potencial para sustentar una población creciente y el ratio de crecimiento anual se estima en 0.6%. Aplicando la fórmula de crecimiento poblacional que aparece a continuación, se obtiene una población de 501 personas o habitantes equivalentes para el año 2029.

$$Población\ final = Población\ inicial * \left(1 + \frac{\%Crecimiento}{100}\right)^{No.\ Años}$$

$$HE_{2029} = HE_{2009} * \left(1 + \frac{TP}{100}\right)^{20} = 444 * \left(1 + \frac{0.6}{100}\right)^{20} = 501\ personas$$

Donde:

TP: Tasa de crecimiento pronosticado.

Se estimó el porcentaje más bajo de crecimiento (0.6%).

HE: Habitantes equivalentes.

Con referencia al manual del fabricante, la planta de Tusk está diseñada para tratar emisiones de una población de 820 habitantes equivalentes, así se puede concluir que esta planta de tratamiento tie-

ne capacidad suficiente para procesar las aguas residuales en la actualidad y en un futuro de 20 años.

6. MONITOREO E IMPACTO DE LAS AGUAS TRATADAS EN LAS AGUAS RECEPTORAS

6.1 Muestreo de las aguas corriente arriba y corriente abajo de la PTAR

El personal del laboratorio de la Sección de Medioambiente de la Municipalidad de Roscommon realiza muestras de la calidad del agua tratada con un muestreador compuesto automático de 24 horas, en el punto de descarga del effluente (SW1), con coordenadas 183659E, 281057N. El muestreo es aleatorio y se analiza lo siguiente: DBO, DQO, sólidos suspendidos, pH, amonio, nitrato, nitrito, nitrógeno total, fósforo, ortofosfato, fluoruro, conductividad y temperatura. El monitoreo del effluente se realiza con el fin de supervisar si las sustancias se encuentran dentro de los límites permisibles por regulación interna y que cumplan con la Directiva 91/271/CEE (1991) de la Unión Europea sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

El effluente tratado se descarga a un afluente del río Ogulla. Mensualmente, el personal del laboratorio de la Sección de Medioambiente toma muestras manuales del río, en estaciones corriente abajo (SW1-d) y corriente arriba (SW1-u) de la planta de tratamiento. La estación de monitoreo corriente abajo se ubica a 320 metros de la planta (coordenadas 183671E, 281319N) y la estación corriente arriba se encuentra 25 metros antes de llegar a la planta (coordenadas 183629E, 281071N). Estos muestreos se realizan para medir el impacto en las aguas del río, antes y después de recibir los effluentes de la planta de tratamiento. En estas muestras son analizadas las mismas sustancias que en las del effluente tratado, incluyendo los análisis de oxígeno disuelto, dureza y temperatura. En la figura 7 se pueden ver las ubicaciones de muestreo; también se ilustra la clasificación de calidad biológica (valores Q), la que se describe en el inciso 6.3.

Figura 7
Ubicaciones de muestreo de aguas en contacto con el efluente tratado y
clasificación de calidad biológica de los ríos (valores Q).



Leyenda

Límite de la PTAR

Ubicaciones de muestreo
Muestreo manual
(Río arriba y río abajo de la
PTAR) SW1-u / SW1-d

Ubicaciones de monitoreo

(Clasificación biológica de ríos – Valores Q)

Q4–Q5, Q5–Status alto
Q4–Status bueno
Q3–4–Status moderado
Q2–3, Q3–Status pobre
Q1, Q1–2, Q2–Status bajo

Fuente: Municipalidad de Roscommon (2009) y Environmental Protection Agency
EPA (2002).
Elaboración propia.

6.2 Resultados del muestreo

En la tabla 1 se pueden comparar las medidas de las sustancias monitoreadas. Los resultados muestran que el efluente tratado (columna 4 de la tabla) se encuentra dentro de los parámetros de la Directiva 91/271/CEE (1991) de la Unión Europea requeridos para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), fósforo (P) y nitrógeno (N).

Los resultados de las sustancias del río corriente abajo y corriente arriba de la descarga del efluente corresponden al promedio de muestreos realizados durante los meses de agosto y noviembre del 2009. En teoría, las sustancias río abajo de la planta (columna 5) deberían tener una mayor concentración que río arriba (columna 6), después de la contaminación causada por las descargas de la PTAR.

Sin embargo, en algunos resultados ocurre lo contrario, tales como DBO, DQO, SS, oxígeno disuelto (OD), dureza del agua (CaCO_3), pH y conductividad eléctrica, que presentan concentraciones mayores antes de ser contaminados por las descargas de las PTAR (columnas 5 y 6). Esto puede deberse a factores externos a la planta que impacten sobre el río, como la presencia de ganado pastando cerca del río o el arrojado de desperdicios.

Es interesante observar que el efluente tratado (columna 4 de la tabla 1) presenta una menor concentración de DBO (1.4 mg/l), DQO (20.33 mg/l) y SS (2.64 mg/l) en comparación con las aguas del riachuelo en contacto con el efluente. El río corriente abajo (columna 5) presenta DBO (2.15 mg/l), DQO (74.2 mg/l) y SS (7.2 mg/l), y corriente arriba (columna 6) presenta DBO (3.8 mg/l), DQO (95.25 mg/l) y SS (28 mg/l).

Tabla 1
Comparación de resultados de las muestras

| Sustancia | Unidad de medida | Requerimiento 91/271/CEE Unión Europea | Efluente tratado SW-1 | Río corriente abajo SW1-d | Río corriente arriba SW1-u |
|---------------------------------|-------------------------|---|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/l | 25 | 1.40 | 2.15 | 3.80 |
| Demanda química de oxígeno | mg/l | 125 | 20.33 | 74.20 | 95.25 |
| Sólidos suspendidos | mg/l | 60 | 2.64 | 7.20 | 28.00 |
| Fósforo total | mg/l | 2 | 1.20 | 0.24 | 0.12 |
| Nitrógeno total | mg/l | 15 | 12.57 | 1.06 | 0.04 |
| Nitrito (como N) | mg/l | | 0.02 | 0.04 | 0.00 |
| Nitrato (como N) | mg/l | | 12.56 | 1.02 | 0.03 |
| Ortofosfato | mg/l | | 0.59 | 0.36 | 0.10 |
| Amoniaco (como N) | mg/l | | 0.02 | 0.16 | 0.01 |
| Sulfato (SO4) | mg/l | | 52.19 | 33.76 | 26.22 |
| Fenoles (suma) | mg/l | | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Oxígeno disuelto (OD) | mg/l | | | 4.87 | 8.15 |
| Dureza (CaCO3) | mg/l | | | 262.85 | 331.57 |
| pH | pH | | 7.50 | 7.74 | 7.68 |
| Temperatura | °C | | | 11.95 | 12.25 |
| Conductividad eléctrica (25 °C) | µS/cm | | 875.00 | 546.33 | 666.33 |

Fuente: Directiva 91/271/CEE del Consejo de la Unión Europea (1991); Municipalidad de Roscommon, laboratorio de la Sección de Medioambiente (2009).

Por tanto, los resultados de monitoreos de calidad del agua en el río Ogulla, corriente arriba SW-1u y corriente abajo SW-1d de las descargas, presentan emisiones de baja concentración. Esto indica que existe una dilución considerable en el río y, por tanto, las descargas de esta planta de tratamiento no presentan un impacto perjudicial sobre este medio acuático, como se detalla en el siguiente inciso.

6.3 Monitoreo e impacto de las descargas en el medio acuático

El río Ogulla nace en unas colinas ubicadas a 5 km al oeste de la localidad de Tusk. Como se mencionó antes, este río es receptor de las aguas residuales tratadas por la planta de Tusk y tributa sus aguas al río Scramoge, a 3 km al noreste de la planta.

La EPA tiene una estación de monitoreo «biológico» río abajo del punto de descarga SW1 de la planta de Tusk, en la estación número 0050 «Puente d/s Lough Conny More» en el río Scramoge. De acuerdo con la tabla 2, el río Scramoge registra en los últimos años una clasificación de calidad biológica Q4 «status bueno», en una escala de Q1 (bajo) a Q5 (alto). Este estudio indica que las aguas residuales tratadas de la PTAR no han tenido un impacto considerable en la calidad de las aguas del río Ogulla.

Tabla 2
Clasificación de calidad biológica (valores Q)

| Río Scramoge | Código 26/S/01. Afluente de Mountain (Roscommon) | | | | | | | |
|--------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Estación N° | 1981 | 1984 | 1986 | 1987 | 1992 | 1996 | 1999 | 2002 |
| 0050 | - | - | - | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Fuente: Environmental Protection Agency EPA (2002).

No se dispone de información de la calidad del agua donde el río Ogulla nace, pero se puede presumir que la calidad es de Q4-5, ya que las colinas en esta área reciben directamente el agua de las lluvias y es una zona natural, libre de industrias, poblados y comercios.

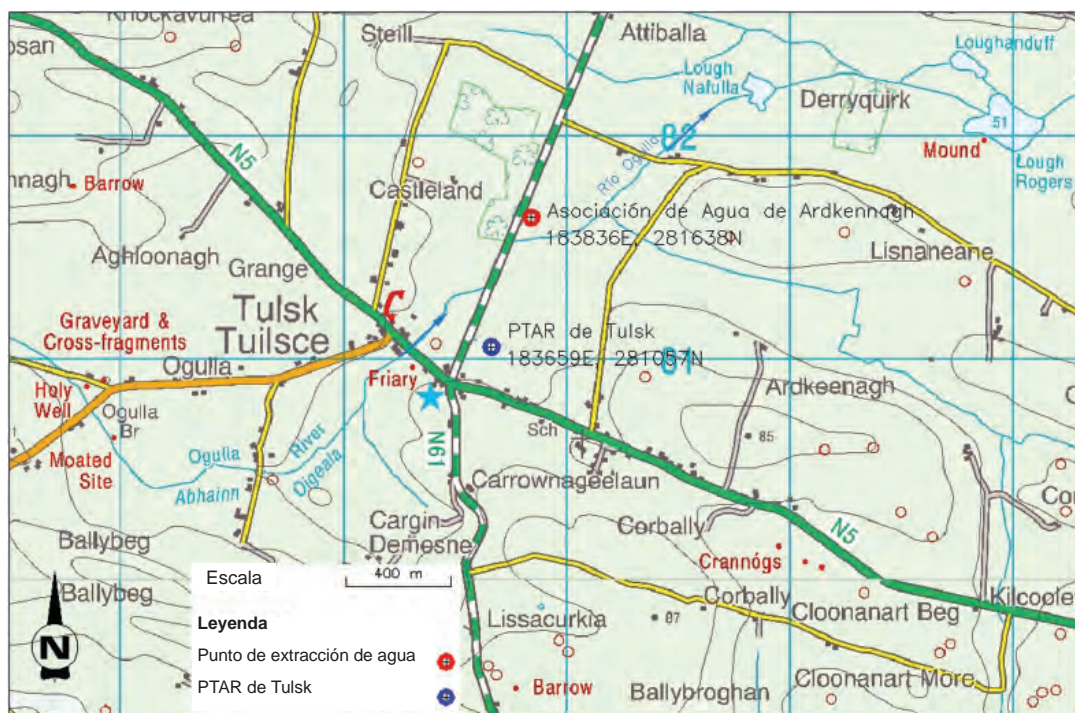
Por otro lado, el caudal del río Ogulla se calculó durante la temporada de sequía (flujo bajo), obteniéndose 0.23 m³/seg en el percentil 95. La planta de tratamiento descarga el efluente al río aproximadamente

cada hora, siendo el flujo diario de 111 m^3 ó $0.0013 \text{ m}^3/\text{seg}$ en promedio. Por tanto, se estima que en promedio el flujo del río es 177 veces mayor que el efluente descargado por la planta de tratamiento, indicando una dilución satisfactoria de los efluentes en el río.

6.4 Extracción de agua

La localidad de Tulske obtiene su agua potable de la Asociación de Agua de Ardkennagh. La fuente es el manantial de Ogulla, con coordenadas 183836E, 281638N y se encuentra río abajo de los puntos de descarga, a 600 metros al norte de la PTAR de Tulske (figura 8). Cabe mencionar que este manantial no está en contacto con las aguas del río.

Figura 8
Punto de extracción de agua y planta de tratamiento de Tulske



Fuente: Municipalidad de Roscommon (2007).
Elaboración propia.

7. ÁREAS NATURALES DE CONSERVACIÓN

La PTAR de Tulsk no se encuentra dentro de un área natural de conservación. Sin embargo, existen áreas naturales (lagos perennes y estacionales) cercanas a esta PTAR que albergan numerosas especies de flora y fauna; por ejemplo, dentro de un radio de 7 kilómetros de esta planta existen lagos clasificados como áreas especiales protegidas (AEP), como Mullygollan Turlough y Annaghmore Lough, y áreas naturales protegidas propuestas (ANPP), como Corbally Turlough, Ardakillin Lough, Brierfield Turlough, Shad Lough y Castleplunket Turlough.

Cabe mencionar que el río Ogulla, donde la PTAR descarga sus efluentes, no está en contacto con ninguno de estos lagos, con excepción del Annaghmore Lough, situado corriente abajo del río Ogulla, a una distancia de 5.5 km.

8. DIRECTIVAS DE LA UNIÓN EUROPEA Y DEL GOBIERNO LOCAL DE IRLANDA

De acuerdo con muestreos de sustancias realizados por la Municipalidad de Roscommon y monitoreos de la Agencia de Protección Medioambiental respecto a la calidad del agua, las emisiones de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tulsk cumplen con las directivas relevantes del Parlamento Europeo.

Entre ellas cabe destacar la Directiva 91/271/CEE (1991) sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, la Directiva 92/43/CEE (1992) relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, la Directiva 2006/11/CE (2006) relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático, así como el Acta del gobierno local de Irlanda S.I. N° 258/1998 (1998) respecto a la contaminación del agua y los estándares de calidad del agua para fósforo, entre otras.

9. CONCLUSIONES

La PTAR está diseñada para lograr un efluente final promedio de DBO=10mg/l, SS=10 mg/l, P=2mg/l y N=15mg/l. Resultados de laboratorio de las muestras del efluente final registran valores muy inferiores a los mencionados. Asimismo, monitoreos fisicoquímicos de calidad

del agua en el río Ogulla y su entorno acuático indican que este río posee un «status bueno» y, por lo tanto, los vertidos procedentes de esta planta no presentan un impacto perjudicial sobre el medio acuático ni en la flora y fauna vecinas, cumpliendo con las directivas relevantes de la Unión Europea y el gobierno local de Irlanda.

Mediciones del caudal de las aguas receptoras del effluente tratado de la planta indican que existe una capacidad de dilución significativa en las aguas receptoras, incluso durante caudales bajos, para asimilar estas descargas. Asimismo, estudios realizados concluyen que la PTAR de Tusk tiene capacidad suficiente para tratar la carga orgánica biodegradable actual, equivalente a 444 habitantes, y su incremento a 501 habitantes equivalentes para el año 2029.

Procesos claves de tratamiento, como los de llenado y reacción en el reactor discontinuo secuencial, y filtrado y retrolavado en el filtro de arena, supervisados y controlados por el sistema Scada, son una eficiente solución al tratamiento de aguas residuales, que puede considerarse para la instalación de plantas de tratamiento en el Perú.

REFERENCIAS

- Acta de gobierno local de Irlanda S.I. N° 258/1998 (1998) Contaminación del agua y estándares de calidad del agua para fósforo. *Irish Statute Book*. Dublin: Office of the Attorney General.
- Directiva 2006/11/CE del Consejo (2006). Contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático. Luxemburgo: Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo (1992). Conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Luxemburgo: Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Directiva 91/271/CEE del Consejo (1991). Tratamiento de las aguas residuales urbanas. Luxemburgo: Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Environmental Protection Agency, EPA (2002). Interim report on the biological survey of river quality. Results of the 2002 investigations. Wexford: Environmental Protection Agency Press.

- Hammer, Mark J. (1986). *Water and wastewater technology* (2.^a ed.). Nueva York: Wiley.
- Municipalidad de Roscommon, Laboratorio de la Sección de Medioambiente (2009). Monitoreos de las aguas tratadas y las aguas del río Ogulla. Tusk.
- Municipalidad de Roscommon, Sección de Servicios de Agua y Saneamiento (2009). Datos de aglomeración urbana y carga biodegradable de la localidad de Tusk.
- Municipalidad de Roscommon, Sección de Servicios de Agua y Saneamiento (2007). Datos de puntos de descarga del efluente final y extracción de agua.
- Sawyer, Clair N., McCarty, Perry L., & Parkin, Gene F. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science* (5.^a ed.). Nueva York: McGraw-Hill.

Enrique Meseth Macchiavello